

Aus dem III. Anatomischen Institut
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. J. Clemens

Isometrische Kraftmessungen am Hals- Kopfsystem bei jungen und alten Menschen

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans-Joachim Marotzky
aus Pirna an der Elbe

1973

Aus dem III. Anatomischen Institut
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. J. Clemens

Isometrische Kraftmessungen am Hals- Kopfsystem bei jungen und alten Menschen

Inaugural-Dissertation
zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den

Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Hans-Joachim Marotzky

aus Pirna an der Elbe

Referent: Prof. Dr. med. H. J. Clemens

Korreferent: Prof. Dr. med. Hans Stoboy



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 7.2.1973

Arch. orthop. Unfall-Chir. 74, 42—62 (1972)
© by J. F. Bergmann München 1972

Isometrische Kraftmessungen am Hals-Kopf-System bei jungen und alten Menschen

H.-J. MAROTZKY

III. Anatomisches Institut der Freien Universität Berlin (Direktor: Prof. Dr. H.-J. Clemens)

Eingegangen am 23. März 1972

Isometric Measurements of the Forces at the Head-Neck-System with Younger and Older People

Summary. We measured the tractive forces transmitted from the neck to the head in ventral and dorsal direction. The measurements were conducted with 307 persons. 207 of these test persons were at the age of about 20, 100 fell under the group of older people at the age of about 75. 79% of the younger and 45% of the older people were masculine.

The measurements of height and weight, of the length of the neck and of the values of forces led to the following results:

1. The average length of the neck comes up to 17.0 cm for the male and 15.7 cm for the female juveniles. The difference of 7% is proportionate with the difference in height between the male and female sex. As for the older people, the average length of the neck comes up to 13.2 cm for the male and up to 13.1 cm for the female.

2. In ventral direction from the trunk via the neck to the head there were transmitted 18.0 kp on the average by the young male and 9.8 kp by the young female. As for the older people, these values come up to 5.2 kp for the male and 2.8 kp for the female. The values obtained by dorsal transmission of strength are 36.4 kp for the young male and 21.3 kp for the young female, for the older people 8.6 kp (male) and 5.1 kp (female).

3. The ventral directed strength, which can be transmitted to the head via the neck, are about 50% lower than those obtained by transmission in dorsal direction.

4. By support of arm musculature the ventral forces increased by 25%, the dorsal forces by 35%.

5. The forces transmitted to the head increased linear to the weight.

6. The relative work (work per kilopond weight) done by the young women was about 24% lower than that done by the young men. As for the group of older people, this difference comes up to 37%.

7. In the group of older people the average loss of ventral and dorsal forces was 75% for men as well as women.

8. The values of forces for competitive athletes were in ventral direction by 15%, in dorsal direction by 35% higher than those of untrained juveniles.

9. In the group of young men it appeared that the forces transmitted by "short" necks were superior to those transmitted by "medium" or "long" necks.

The results obtained are standard values in biomechanics needed for series of further investigations of whiplash-injuries. They may also be basic values for construction of dummies.

Zusammenfassung. Die Kraftmessungen der in ventraler und dorsaler Richtung vom Hals auf den Kopf übertragenen Zugkräfte wurden an 307 Personen durchgeführt. 207 Versuchspersonen entfallen auf die Altersgruppe um das 20. Lebensjahr, 100 gehören in die Gruppe der älteren Leute um 75 Jahre. 79% der Jugendlichen und 45% der älteren Leute sind männlich.

Die Messungen der Körperlänge, des Körpergewichts, der Halslänge und der Kraftbeträge führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Die durchschnittliche Halslänge der männlichen Jugendlichen beträgt 17,0 cm, die der weiblichen 15,7 cm. Diese Differenz von 7% entspricht etwa der Körperlängendifferenz beider Geschlechter. Die mittlere Halslänge bei den alten Männern 13,2 cm, bei den alten Frauen 13,1 cm.

2. 18,0 kp konnten im Durchschnitt von den jungen Männern in ventraler Richtung vom Rumpf über den Hals auf den Kopf übertragen werden, 9,8 kp von den jungen weiblichen Versuchspersonen. Im Alter betragen die Werte 5,2 bzw. 2,8 kp bei den Frauen. Die dorsale Kraftübertragung erbrachte bei den Jugendlichen einen mittleren Wert von 36,4 bzw. 21,3 kp bei den jungen Frauen, im Alter 8,6 bzw. 5,1 kp.

3. Die ventral gerichteten Kräfte, die über den Hals auf den Kopf übertragen werden können, liegen annähernd 50% unter den im dorsalen Zug erreichten Werten.

4. Die Abstützung der Armmuskulatur (Abstützen beim Unfall) steigert die Leistung der prävertebralen Muskelgruppen um 25%. Die dorsal über die Nackenmuskulatur wirkenden Kräfte erfahren einen Zuwachs von 35%.

5. Die auf den Kopf übertragenen Kräfte steigen linear mit dem Körpergewicht.

6. Die jungen Frauen zeigen eine relative Leistung (Leistung bezogen auf Kilopond Körpergewicht), die um 24% geringer ist als die der jungen Männer. In der Gruppe der älteren Leute beträgt diese Differenz 37%.

7. Der durchschnittliche Leistungsverlust im Halsbereich beträgt im Alter für Männer ebenso wie für Frauen 75%.

8. Die Halskraftmessungen der Leistungssportler liegen im Vorwärtzug um 15%, im Rückwärtzug um 35% über denen der untrainierten Jugendlichen.

9. In der Gruppe der jungen Männer zeigt sich, daß „kurze“ Hälse eine größere Kraft übertragen können als „mittlere“ und „lange“ Hälse. Mit Einschränkung gilt dies auch für die anderen Gruppen.

Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse stellen biomechanische Richtwerte dar, die im Rahmen einer größeren Untersuchungsreihe über die Verletzungsmechanismen im Bereich der Halswirbelsäule Verwendung finden sollen. Sie bilden gleichzeitig Basiswerte für die Konstruktion von künstlichen Versuchspuppen, den sogenannten „Dummies“. Weitere Untersuchungen, insbesondere über die Nackenmuskulatur, sind notwendig, um die an den Versuchspersonen gewonnenen Meßdaten mit den Ergebnissen bei experimentellen Untersuchungen an Leichen korrelieren zu können.

Einleitung

Die Zunahme der Verkehrsunfälle bringt gehäuft Verletzungen im Bereich der Halswirbelsäule mit sich (Gögler, 1968, 1970; u. a.).

Es stehen verschiedene Wege offen, den Verletzungsvorgang zu rekonstruieren: Untersuchungen an lebenden Versuchspersonen, klinische Verlaufsbeobachtungen, anatomische, pathologische bzw. gerichtsmedizinische Untersuchungen sowie experimentelle Messungen. In der vorliegenden Arbeit soll die Frage untersucht werden, welche muskulären Kräfte vom Hals auf den Kopf in ventraler und dorsaler Richtung übertragen werden können.

Da erwartungsgemäß die Verkehrsteilnehmer — gleich welcher Art — ihrem Alter entsprechend unterschiedlich zu bewerten sind, ergibt sich die Notwendigkeit, die Untersuchungen an einem Personenkreis in der „Höhe des Lebens“ (3. Lebensjahrzehnt) und bei alten Menschen (7. bis 9. Lebensjahrzehnt) durchzuführen. Die statische Kraftmessung erschien hierfür am besten geeignet. Erfahrungen mit dieser Methode liegen beim Institut für Kraftfahrzeuge an der Technischen Universität Berlin im Bereich der Armkraftmessung vor.

In der Literatur fehlen bis auf eine Ausnahme vergleichbare Untersuchungen an der Halswirbelsäule. Die Untersuchung von Mertz u. Patrick (1967) kann nicht als Grundlage gelten, da die Ergebnisse an Hand einer einzigen Versuchsperson ermittelt wurden.

Die vorliegende Arbeit stellt eine Teilbeobachtung im Rahmen der Untersuchungen über die Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule dar, die im III. Anatomischen Institut der Freien Universität Berlin durchgeführt wurden (Burow; Clemens; Fiala; Wirching, B.; Wirching, M., 1969—1971).

Material und Methoden

a) Allgemeines

Das Thema dieser Arbeit ergab sich im Rahmen biomechanischer Untersuchungen der Hyperflexionsverletzungen des Kopfes bei Kraftfahrzeugunfällen. Dieser Ausgangspunkt legte es nahe, die Kraftmessungen in sitzender Stellung der Versuchsperson durchzuführen. Um die Unterschiede zu erfassen zwischen einem unvorbereiteten, im Gurt fixierten Fahrgast und einem Fahrzeuginsassen, der den Unfall auf sich zukommen sieht, führten wir die Versuche so durch, daß in einer Anordnung die Hände der Versuchsperson auf dem Schoß lagen, in einer anderen die Arme abgestützt waren.

Die Beugung des Kopfes beim Unfall ist die Folge der physikalischen „Massenträgheit“ und erfolgt, durch die Sitzposition im Fahrzeug bedingt, vornehmlich in ventraler und dorsaler Richtung. Beide Flexionsrichtungen wurden in dieser Untersuchung berücksichtigt. Wir führten anfangs mehrere Testreihenmessungen durch. Die dabei gewonnenen Erfahrungen führten zu dem endgültigen Versuchsaufbau und -ablauf, der im folgenden Text beschrieben wird.

Die gemessenen Kräfte wurden durch isometrische Kontraktion der Muskulatur erzeugt (s. Versuchsbeschreibung). Der Kraftweg ist in der Isometrie gleich Null, damit entfallen Bewegungen im Versuchsablauf, die nur schwer reproduzierbar wären.

Die Leistungsfähigkeit bei statischer Haltearbeit ist dadurch charakterisiert, daß bei Kontraktion des Muskels mit 15% der Maximalkraft die Durchblutung mechanisch blockiert wird, da die Gefäße abgedrückt werden. Dadurch wird die Sauerstoffversorgung oberhalb dieser 15% eingestellt, so daß in diesem Bereich Arbeit nur relativ kurze Zeit geleistet werden kann.

Auf Grund der Erfahrungen aus unseren Testversuchen beschränkten wir die Arbeitsdauer in den einzelnen Versuchen auf etwa 5—10 sec und legten nach jedem Versuch eine Erholungspause von 1—2 min ein.

Wir betrachten die Kräfte, die vom Rumpf über den Hals auf den Kopf übertragen werden können. Dabei gehen wir davon aus, daß der Hals das „schwächste Glied in der Kette“ ist und somit die Leistung begrenzt. Da der Kopfschwerpunkt in der Ebene liegt, in der wir die Messung abnehmen, treten keine zusätzlichen Drehmomente auf. Die am Kopf gemessene Kraft ist gleich der Halsmuskulaturkraft, die zur Fixierung des Kopfes und der Halswirbelkörper aufgebracht wird.

Die Reihenmessung wurde an 307 Personen durchgeführt. 207 Versuchspersonen entfielen auf die Altersgruppe um das 20. Lebensjahr (Tabelle 1), 100 Personen in die Gruppe um

Tabelle 1. Alter, Mittelwerte

Gruppe	Alter (Jahre)	Streuung (Jahre)
Männliche Jugendliche	23	19—37
Weibliche Jugendliche	21	19—31
Alte Männer	74	50—89
Alte Frauen	75	49—90

75 Jahre (Tabelle 1). 79% der Jugendlichen sind männlich, 21% weiblich, während von den alten Leuten 45% männlich und 55% weiblich sind. Das Erhaltensein der normalen Körperfunktionen war Voraussetzung für die Teilnahme der alten Leute an den Versuchen.

In dem zu jedem Versuch aufgenommenen Protokoll sind neben den *Kraftbeträgen* *Alter*, *Körpergewicht*, *Körperlänge* und *Halslänge* aufgenommen worden. Außerdem machten wir Vermerke bei den *Leistungssportlern* und *früheren Verletzungen* im Bereich der Wirbelsäule, um diese speziellen Fälle aus der allgemeinen Betrachtung zu eliminieren.

b) Halslängenmessung

Die Halslänge wurde als Distanz Protuberantia occipitalis externa zu Processus spinalis C 7 bei maximal ventral gebeugtem Kopf gemessen. Die maximale Flexion des Kopfes ergibt eine für eine Reihenmessung reproduzierbare Haltung und gleicht die im Bereich der HWS vorhandene Lordose aus. Bei der Messung lag das Bandmaß der Halsoberfläche auf. Da die Bezugspunkte flächig ausgedehnt sind, erreichten wir eine Meßgenauigkeit von $\pm 0,5$ cm.

c) Dehnungsmeißstreifen

Eigenbau des Instituts für Kraftfahrzeuge der TU Berlin (damaliger Leiter: Prof. Dr. E. Fiala).

Der Dehnungsmeißstreifen besteht aus einem Meßdraht, der mäanderförmig auf einen Träger aus Kunststoff befestigt ist. Belastet man das Metallstück, das als Verbindungsglied zwischen dem Kraftangriffspunkt und dem Fixpunkt liegt, so wird der aufgekitete Meßstreifen gedehnt. Die Grundlage der Messung ist der als piezoresistiver Effekt bezeichnete Zusammenhang zwischen der Dehnung eines Leiters und seinem elektrischen Widerstand. Die Widerstandsänderung wird auf einen Trägerfrequenzmeßverstärker übertragen, der eine lineare Beziehung auf einen Lichtstrahloszillographen weiterleitet.

d) Trägerfrequenzmeßverstärker

Hottinger-Baldwin, Meßtechnik Typ KWS/II-5, Trägerfrequenz 5 kHz.

Der Meßverstärker KWS/II-5 ist ein tragbares Gerät und ist serienmäßig für einen Netzanschluß von 220 V, 48...60 Hz ausgelegt. Eine kontinuierliche Eichvorrichtung für Dehnungsmeißstreifen ist in dem Gerät enthalten. Der Ausgang des Trägerfrequenz-Verstärkers ist direkt zum Anschluß stromempfindlicher Schleifen- und Galvanometermeßwerke von Lichtstrahloszillographen geeignet. Meßfehler: 1,5%, wobei Netzspannungsänderungen von 190...240 V_{eff} (220 V $\pm \frac{10}{15}\%$) eingeschlossen sind.

e) Lichtstrahloszillograph

Hartmann & Braun Meßtechnik, Typ Lumiskript 150-8, 8 Kanäle, Eigenfrequenz der Spiegelgalvanometer 1000 Hz.

Der Lumiskript ist ein Lichtstrahloszillograph mit direkt sichtbarer Schrift. Die zum Registrieren benutzten Spektrallinien einer Quecksilberdampfampe liegen im Violett und im nahen UV. Für diesen Spektralbereich ist das Registrierpapier sensibilisiert. Nach der Registrierung kann das Papier ohne weitere Hilfsmittel (Dunkelkammer, Naßentwicklung etc.) ausgewertet und aufbewahrt werden. Die Eichung wurde so vorgenommen, daß das Ergebnis direkt in Kilopond ablesbar ist. Meßfehler: ca. 0,5%.

f) Meßzelle

Die Zelle ist eine Winkelseisenkonstruktion, die mit einer Hartfaser-Bodenplatte verschraubt ist. An die beiden vorderen Längstreben sind links und rechts je ein in der Höhe variabler Handgriff montiert. Der Drehstuhl, der auf der Bodenplatte steht, kann durch Verschieben und Auf- oder Abwärtsdrehen der Sitzfläche den Körpermaßen der einzelnen Versuchspersonen angepaßt werden. An den hinteren Längstreben sind ein Beckengurt und eine verstellbare Metalleiste angeschraubt, in der ein Haken als Aufhängepunkt für den Kopfgurt eingelassen ist. Die Messungen wurden in ventraler und in dorsaler Zugrichtung durchgeführt. Für die Sitzposition der Versuchsperson wurden folgende Bedingungen festgelegt.

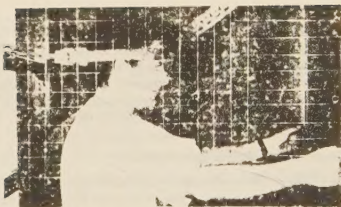


Abb. 1. Versuchsperson mit umgelegtem Kopfgurt in der Meßzelle (Vorwärtszug)

Ventrale Zugrichtung: Dieser Versuch wurde in drei Variationen durchgeführt (im folgenden abgekürzt V_1 ; V_2 ; V_3).

1. Der Kopfgurt liegt in der Horizontalen über der Augenbraue und dem oberen Ohransatz.
2. Der Winkel Oberschenkel zu Rumpf ist auf 90° festgelegt.
3. Der Winkel im Kniegelenk ist größer als 90° , um ein Erheben von der Sitzfläche zu erschweren.
4. 1. Fixpunkt. Das Becken wird durch ein Gurt fixiert, um ein Erheben von der Sitzfläche zu erschweren.
5. 2. Fixpunkt. Die Füße stehen auf einer Fußleiste, um die Stabilität zu erhöhen.

Im ersten Vorwärtsversuch (V_1) mußten die Hände auf dem Schoß liegen. Im V_2 lagen die Hände offen in den Handgriffen, so daß der Winkel Arm zu Rumpf 90° betrug. In V_3 mußte die Versuchsperson die in V_2 nur aufgelegten Hände zur Faust schließen und den Druck gegen den Kopfgurt durch maximalen Zug mit den Armen unterstützen.

In den Rückwärtsversuchen (R_1 , R_2), die wir in zwei Arten durchführten, waren folgende Bedingungen gesetzt.

1. Der Kopfgurt liegt in der Horizontalen über Augenbraue und oberem Ohrenansatz.
2. Der Winkel Rumpf zu Oberschenkel ist auf 90° festgelegt.
3. Der Winkel im Kniegelenk ist kleiner als 90° , um ein Erheben von der Sitzfläche und eine Unterstützung des Kopfzuges durch die Beinmuskulatur zu vermeiden und die auftretenden Kräfte wie in den Vorwärtsversuchen auf den Körper vom Rumpf aufwärts zu beschränken.

4. 1. Fixpunkt: Beckengurt.
5. 2. Fixpunkt: Fußleiste.

Im ersten Rückwärtsversuch lagen die Hände auf dem Schoß. In R_2 drückten die Arme zur Unterstützung horizontal gegen eine Metalleiste. Auf einen Versuch mit nur aufgelegten Armen verzichteten wir, da uns eine reproduzierbare Kontrolle dieser Versuchsbedingung nach einer Reihe von Testversuchen nicht gewährleistet schien.

Fig. 1 veranschaulicht die Möglichkeiten der Einstellung in unserem Versuchsaufbau auf die individuellen Bedürfnisse, je nach Zugrichtung (hier Zug nach vorwärts).

1. Kopfgurt in der Länge verstellbar.
2. Aufhängepunkt für den Kopfgurt in der Höhe verstellbar.
3. Beckengurt in der Länge verstellbar.
4. Stuhl in der Höhe verstellbar.
5. Stuhlposition entsprechend der Beinlänge verstellbar.
6. Handgriff in der Höhe verstellbar.
7. Dehnmitglied.

g) Versuchsablauf

Die Versuchspersonen nahmen auf dem Stuhl Platz. Nachdem die Einstellung erfolgt war, führten sie die Versuche V_1 — V_3 nacheinander aus. Das gleiche gilt für die Rückwärtsversuche. Die ältere Gruppe führte die Vorwärtsversuche und nach einer etwa halbstündigen Pause die

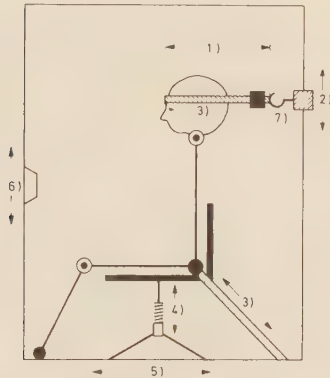


Fig. I. Darstellung der Einstellmöglichkeiten auf die individuellen Bedürfnisse im Vorwärtszugversuch. Das gleiche gilt für die Rückwärtszugversuche unter Berücksichtigung der festgelegten Sitzposition bei Drehung der Versuchsperson um 180°

Rückwärtsversuche durch. Bei den Jugendlichen nahm nur eine kleinere Gruppe an beiden Versuchen teil; die Mehrheit zog nur vorwärts oder rückwärts.

Die Fehlerbreite der Meßtechnik bestimmten wir in einer Reihenmessung, in dem wir an das Dehnmeßglied eine geeichte Federwaage hängten, sie unterschiedlich belasteten und die von der Federwaage direkt abgelesenen Werte mit denen des Lichtstrahloszillographen verglichen. Die so bestimmte Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 0,250$ kp.

Ergebnisse und Diskussion

a) Allgemeines

Die Leistung, die gemessen werden soll, setzt sich aus der physiologischen Leistungsfähigkeit (Anlage, Wachstum, Training etc.), der Disposition zum Zeitpunkt des Versuchs und dem psychologischen Leistungswillen zusammen. Die Leistungsfähigkeit und die Disposition stellen Gegebenheiten für uns dar. Den Anteil der Disposition, der durch biorhythmische Tagesschwankungen bedingt ist, versuchten wir konstant zu halten, indem wir unsere Messungen bis auf wenige Ausnahmen am Nachmittag zwischen 15 und 17 Uhr durchführten. Größere Bedeutung kommt sicherlich dem Willen zur Leistung zu. Das Motiv des sportlichen Wettkampfes, unterstützt durch Leistungsvergleiche und Angabe von „Bestleistungen“, erwies sich für die Gruppe der jungen Männer als zuverlässig. Die älteren Leute waren bemüht, sich gegenseitig ihre Rüstigkeit unter Beweis zu stellen, als Leistungsmotivation war das hinreichend. In der Gruppe der jungen Frauen mußten wir uns auf die Leistungsbereitschaft verlassen, nachdem wir Sinn und Ziel der Arbeit erklärt hatten. Teilweise waren besonders bei den weiblichen Versuchspersonen psychische Hemmnisse, z. B. Furcht vor dem Versuchsaufbau, für die Leistung limitierend.

Tabelle 2. *Alter, Mittelwerte*

Gruppe	Alter (Jahre)	Streuung (Jahre)
♂ I	23	19—37
♀ I	21	19—31
♂ II	74	50—89
♀ II	75	49—90

Tabelle 3

Gruppe	Körperlänge	Streuung
♂ I	1,76 m	1,50—1,93 m
♀ I	1,66 m	1,52—1,76 m
♂ II	1,67 m	1,55—1,95 m
♀ II	1,57 m	1,10—1,70 m

Die 5—10 sec-Zeitspanne, in der die Kräfte gemessen wurden, ist länger als die Belastungszeit im Unfallgeschehen. Sie erwies sich jedoch aus drei Gründen als zweckmäßig.

- a) Es zeigten sich keine Ermüdungserscheinungen.
- b) Die Zeit genügte, um Fehler in der Stabilität der Sitzposition festzustellen (z. B. Abrutschen des Kopfgurtes).
- c) Wir konnten auch die Leistungssteigerungen messen, die teilweise nach einigen Sekunden eintraten, bedingt durch Überwinden psychischer Hemmnisse oder vollständiges Erfassen der gestellten Aufgabe.

b) Alter

Der Personenkreis war so gewählt, daß sich eine Gruppe auf der Höhe des Lebens befand. Besonders gefährdet im Straßenverkehr sind jedoch die schwächeren Verkehrsteilnehmer, deshalb stellten wir der ersten Gruppe einen Kreis älterer Leute gegenüber. Das gibt uns die Möglichkeit, Aussagen über den Altersabbau zu machen.

Die beiden Altersgruppen wurden nach Geschlechtern getrennt, so daß sich vier endgültige Versuchspersonengruppen ergaben, die Jugendlichen ♂ I und ♀ I, für die älteren Leute ♂ II und ♀ II. Das durchschnittliche Alter zeigt die Tabelle 2.

c) Körperlänge

Die Mittelwerte der gemessenen Körperlängen sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Meßgenauigkeit betrug $\pm 0,5$ cm.

d) Körpergewicht

Für das Körpergewicht ergaben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Mittelwerte. Die Meßgenauigkeit betrug $\pm 0,5$ kp.

Tabelle 4

Gruppe	Körpergewicht	Streuung
♂ I	73 kp	55—110 kp
♀ I	56 kp	45— 74 kp
♂ II	65 kp	43—101 kp
♀ II	63 kp	41— 84 kp

Tabelle 5

Gruppe	Halslänge	Streuung
♂ I	17,0 cm	14—21 cm
♀ I	15,7 cm	12—21 cm
♂ II	13,2 cm	10—17 cm
♀ II	13,1 cm	11—17 cm

Tabelle 6

Gruppe	Kurzer Hals	Mittlerer Hals	Langer Hals
♂ I	15 cm	16—18 cm	19 cm
♀ I	14 cm	15—17 cm	18 cm
♂+♀ II	11 cm	12—14 cm	15 cm

Tabelle 7

Gruppe	Kurzer Hals	Mittlerer Hals	Langer Hals
Normal-verteilt	15,85%	68,30%	15,85%
♂ I	13,6%	66,7%	19,7%
♀ I	21,1%	64,5%	14,4%
♂ II	8,9%	75,5%	15,6%
♀ II	9,1%	78,3%	12,6%

e) Halslänge

Die Halslänge maßen wir zwischen Protuberantia occipitalis externa und Processus spinalis C 7 (vgl. Abschnitt Halslängenmessung). Es ergaben sich dabei die in Tabelle 5 angegebenen Mittelwerte.

Die Meßgenauigkeit betrug $\pm 0,5$ cm. Die Verteilung zeigen die Fig. II und III.

Wie bereits erwähnt, soll später die Halslänge in Beziehung zur Kraft gesetzt werden. Es erwies sich zu diesem Zweck als günstig, eine Klassifizierung der Halslängen in kurze, mittlere und lange Hälse vorzunehmen. Der Stichprobenfehler s_x , der im Bereich von 0,1 bis 0,2 cm liegt und maximal 1,5% der Längenmessung beträgt, kann vernachlässigt werden, zumal er weit unterhalb der Meßgenauigkeit liegt. Die Tabelle 6 zeigt die Unterteilung. Dabei entspricht die Gruppe der mittleren Hälse dem Bereich $\bar{x}-s$ bis $\bar{x}+s$.

Tabelle 8

Autor	Erwachsene		Alte Leute	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich
Ravenel	13,3 cm	12,0 cm		
Oeder ^a	10,0 cm	10,0 cm		
Dwight ^a	12,5 cm	12,5 cm		
Drexler ^a	14,48 cm	14,48 cm	13,96 cm	13,96 cm
Eigene Werte	17,0 cm	15,7 cm	13,2 cm	13,1 cm

^a Angabe nicht nach Geschlechtern getrennt.

Die prozentuale Verteilung der Versuchspersonen auf die Halslängengruppen kommt der Normalverteilung nahe (Tabelle 7).

Die größere Abweichung von der Normalverteilung bei der Altersgruppe II in Tabelle 7 ist durch die kleinere Fallzahl (*n*) bedingt.

In der Literatur sind drei Methoden zur Halslängenmessung angegeben.

a) Die Messung am anatomischen Präparat mit dem Bandmaß, das den Biegungen der HWS anliegt.

b) In vivo mit dem Stangenzirkel als gradlinige Entfernung der Halsfurche vom Suprasternale oder indirekt als Differenz zwischen der Höhe des Kinnrandes vom Boden.

c) Die Messung der einzelnen Wirbelkörper- und Bandscheibenhöhen im Röntgenbild am Präparat und in vivo.

Ravenel (1877) ermittelte am anatomischen Präparat für den Mann einen Wert von 13,3 cm und für die Frau 12,0 cm. Dwight untersuchte Präparate erwachsener Europäer mit 11,0–14,0 cm. Oeder ermittelte eine Halslänge bei der In vivo-Messung von 10,0 cm mit einer Schwankungsbreite von 6 cm, als Distanz Kinn zum Brustbeinrand. Drexler (1962) gibt auf Grund einer röntgenologischen Untersuchung die mittlere Höhe der Halswirbelkörper (C2–C7) und die mittlere Höhe der Halswirbelbandscheiben (C2/3–C7/D1) an. Die Summe aus beiden ergibt für das Alter 20–30 Jahre 14,48 cm, für die Gruppe 50 Jahre und älter 13,96 cm (vgl. hierzu Tabelle 8).

Die eigenen Meßwerte der Erwachsenen liegen um ca. 2 cm höher, da wir von der Protuberantia occipitalis externa ausgehend ein Stück Schädel mitgemessen haben und der Dornfortsatz C7 topographisch in der Mitte des Wirbelkörpers Th 1 liegt. Die Differenz zwischen männlichen und weiblichen Personen, die Ravenel (1877) mit 1,3 cm angibt, entspricht unserem Ergebnis. Die Form der Hinterhauptsschuppe (flach oder stärker gebogen) geht in unsere Messung ein, doch wird die Streuung der Ergebnisse hierdurch nur unwesentlich beeinflusst. Sie entspricht mit 6 cm der Angabe von Oeder. Oeder gibt die Halslänge als Distanz Suprasternale zur Kinnhöhe an. Der Atlas liegt jedoch in der von Oeder angegebenen Kopfmeßhaltung in Höhe des harten Gaumens oder annähernd in der horizontalen Ebene durch den caudalen Nasenansatz. 10 von uns durchgeführte Einzelmessungen ergaben eine mittlere Distanz Kinnschuppe zum caudalen Nasenansatz von 7 cm. Vergrößern wir die Messung von Oeder um diesen Betrag, so erhalten wir einen Wert von 17 cm, der unserem Meßwert für die männlichen Erwachsenen entspricht.

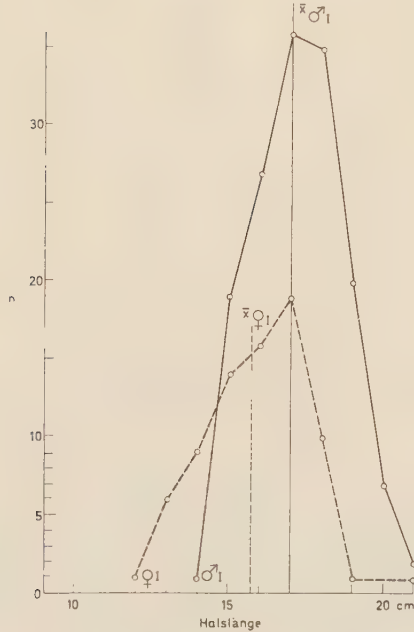


Fig. II. Verteilung der Halslängen der Jugendlichen

♀ I	n = 76	♂ I	n = 147
	$\bar{x} = 15,7$ cm		$\bar{x} = 17,0$ cm
	s = 1,6 cm		s = 1,5 cm
	$s_x = 0,2$ cm		$s_x = 0,1$ cm

Das Ergebnis der In vivo-Messung von Oeder stimmt unter Berücksichtigung der verschiedenen Meßstrecken mit den von uns ermittelten Daten überein. Der für diese Untersuchung bedeutende Vorteil unserer Meßmethode liegt darin, daß wir mit einer leicht reproduzierbaren Kopfhaltung die gesamte Länge der Halswirbelsäule erfassen.

Die Angabe für die älteren Leute von Drexler (1962) liegt trotz der kürzeren Meßstrecke über unserem Wert, sie bezieht sich jedoch auf einen Personenkreis von 50 Jahren und älter. Unser vergleichbarer Altersdurchschnitt liegt bei 74 bzw 75 Jahren. Die degenerativen Prozesse im Bereich der HWS sind in unserem Kollektiv vergleichsweise weiter fortgeschritten, und somit hat auch der „Hals“ mehr von seiner Länge eingebüßt.

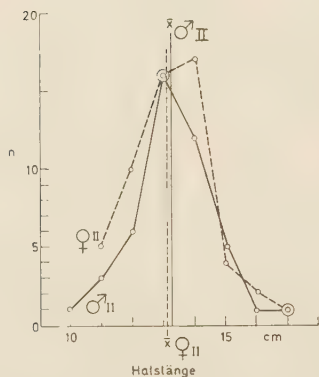


Fig. III. Verteilung der Halslängen der älteren Leute

♀ II $n = 55$	♂ II $n = 45$
$\bar{x} = 13,1$ cm	$\bar{x} = 13,2$ cm
$s = 1,2$ cm	$s = 1,3$ cm
$s_x = 0,2$ cm	$s_x = 0,2$ cm

f) Gemessene Kräfte

In der Tabelle 9 sind die Mittelwerte der Kraftmessungen ohne Leistungssportler zusammengestellt.

Die Meßgenauigkeit beträgt $\pm 0,25$ kp.

Der Versuch V_2 (Vorwärtzug mit fixierten Armen) wurde mit Rücksicht auf die geringere Leistungsfähigkeit und die schnellere Ermüdung bei den älteren Leuten nicht durchgeführt.

1. *Vorwärtzug.* Der prozentuale Vergleich der Leistungen der Versuche V_1 , V_2 , V_3 ist nur in der Altersgruppe I möglich, da V_2 in der Altersgruppe II nicht durchgeführt wurde. Die Fig. IV gibt die prozentualen Leistungsdifferenzen wieder.

Bei den männlichen und weiblichen Versuchspersonen im jugendlichen Alter ergibt der fixierte Schultergürtel (anatomisch) in V_2 gegenüber dem unfixierten in V_1 eine Leistungssteigerung von 10%. Die Unterstützung des Kopfzuges durch

Tabelle 9. Angaben in Kilopond

Gruppe	V_1	V_2	V_3	R_1	R_2
♂ I	14,6	16,4	17,8	21,2	36,4
♀ I	8,2	9,1	9,3	14,9	21,3
♂ II	2,9	—	4,8	5,3	8,6
♀ II	2,0	—	2,8	3,2	5,1

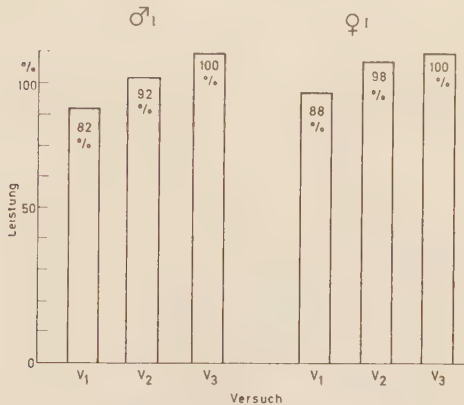


Fig. IV. Prozentualer Leistungsvergleich der drei Vorwärtzugversuche für die jugendlichen Männer und Frauen ($\bar{x}_{V_3} = 100\%$)

die Armkraft steigert die Leistung in der Gruppe ♂ I um 8% und in der Gruppe ♀ I um 2%. Diese im Verhältnis zur Stärke der Armmuskulatur geringfügige Steigerung stützt die Hypothese, daß die Halsmuskulatur als „schwächstes Glied in der Kette“ die gemessenen Kräfte begrenzt.

2. *Rückwärtszug.* Die Versuche mit der Zugrichtung nach dorsal wurden für beide Altersgruppen in gleicher Weise durchgeführt, R₁ mit unfixiertem Schultergürtel, R₂ mit fixiertem Schultergürtel (anatomisch) und zusätzlicher Unterstützung durch die Armmuskulatur. Die Tabelle 10 zeigt die Leistungssteigerung R₁ zu R₂.

Die Steigerungsrate R₁ zu R₂ liegt in den vergleichbaren Gruppen, ♂ I = 41% bzw. ♀ I = 30% deutlich über der Zunahme in den Vorwärtzugversuchen ♂ I = 18% bzw. ♀ I = 12%. Absolut betrachtet ist der Leistungszuwachs aber wesentlich geringer als die Leistungsfähigkeit der Armmuskulatur. Burow ermittelte in einer Untersuchung statische Armabstützkräfte um 150 kp. Der Versuchspersonenkreis ist dabei der Gruppe ♂ I vergleichbar, die Messungen wurden eben-

Tabelle 10. R₂ = 100%

Gruppe	Absolute Steigerung	Relative Steigerung
♂ I	15,2 kp	41%
♀ I	6,4 kp	30%
♂ II	3,3 kp	39%
♀ II	1,9 kp	36%

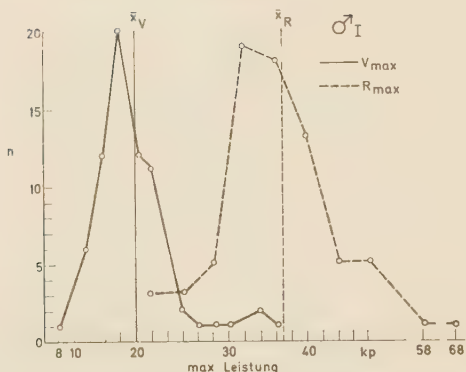


Fig. V. Verteilung der maximalen Leistungen der jungen männlichen Versuchspersonen für den Vorwärts- und Rückwärtszug

$V_{\max}$	$n = 70$	$R_{\max}$	$n = 73$
$\bar{x}$	$= 18,0 \text{ kp}$	$\bar{x}$	$= 36,4 \text{ kp}$
s	$= 5,5 \text{ kp}$	s	$= 10,0 \text{ kp}$
s_x	$= 0,7 \text{ kp}$	s_x	$= 1,1 \text{ kp}$

falls in sitzender Position durchgeführt. Die gleichen Kräfte brachten in unserem Versuch R_2 eine Steigerung von 15,2 kp, das entspricht etwa 10% der Armkraft. Die Ergebnisse der Rückwärtszugversuche sprechen also ebenfalls für die Halsmuskulatur als Leistungsgrenze.

3. *Betrachtung beider Zugrichtungen.* Im Vorwärtszug wird vornehmlich die prävertebrale Halsmuskulatur und zum Teil die Zungenbeinmuskulatur für die Kraftübertragung beansprucht, im Rückwärtszug die Nackenmuskulatur. Der Querschnitt der Nackenmuskulatur ist größer als der der prävertebralen Halsmuskeln, dementsprechend ist auch die Kraft bei der maximalen Kontraktion höher. In den Meßergebnissen drückt sich das als mittlere Leistungssteigerung von 50% im Rückwärtszug aus. Die gleiche Tatsache spiegelt sich auch in der Breite der Kurven in Fig. V und VI wider. Die Kurven des Vorwärtszuges sind schmalere, d. h., die Leistungsbreite ist entsprechend dem Muskelquerschnitt kleiner.

4. *Vergleich der Geschlechter.* Die Leistungen der weiblichen Gruppen liegen unter denen der entsprechenden männlichen. Für den Vergleich ist es zweckmäßig, die relative Leistung zu betrachten (Leistung bezogen auf Kilopond Körpergewicht), da — wie an späterer Stelle gezeigt wird — eine Relation zwischen Leistung und Körpergewicht besteht.

In der Altersgruppe I betrug das durchschnittliche Körpergewicht der weiblichen Versuchspersonen 56 kp, bei den männlichen 73 kp. Tabelle 11 zeigt das prozentuale Verhältnis der relativen Leistung.

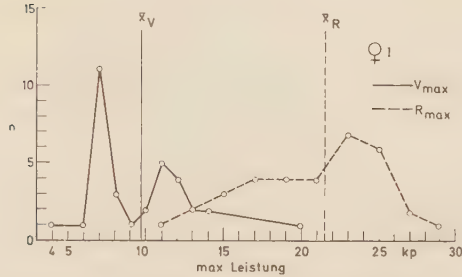


Fig. VI. Verteilung der maximalen Leistungen der jungen weiblichen Versuchspersonen für den Vorwärts- und Rückwärtszug

$V_{\max}$	$n = 34$	$R_{\max}$	$n = 32$
$\bar{x}$	$= 9,8 \text{ kp}$	$\bar{x}$	$= 21,3 \text{ kp}$
s	$= 3,9 \text{ kp}$	s	$= 4,2 \text{ kp}$
s_x	$= 0,7 \text{ kp}$	s_x	$= 0,7 \text{ kp}$

Die jungen Frauen erreichten im Mittel 76% der relativen männlichen Leistung. Die Differenz beträgt 24%. Nach Mellerowicz (1962) muß bei der erwachsenen Frau mit einer relativen Leistungsfähigkeit gerechnet werden, die 15–20% kleiner ist als die des Mannes.

In der Altersgruppe II ist der Unterschied der mittleren Körpergewichte wesentlich geringer. Für die Gruppe ♀ II lag es bei 63 kp, gegenüber 65 kp in Gruppe ♂ II. In Tabelle 12 ist das Leistungsverhältnis der Altersgruppe II dargestellt.

Die mittlere relative Leistung der weiblichen Versuchspersonen liegt bei 63% der männlichen und ist um 13% kleiner als die der jungen Frauen.

5. Vergleich der Altersgruppen. Die Leistungsfähigkeit nimmt mit zunehmendem Alter ab. Robinson (1938) ermittelte ganz allgemein einen Leistungsverlust von 40% bei 70jährigen. In der Tabelle 13 ist die Kraftabnahme im Alter dargestellt.

Tabelle 11. ♂ I = 100%

Gruppe	V_1	V_2	V_3	R_1	R_2
♀ I	73%	72%	68%	92%	76%

Tabelle 12. ♂ II = 100%

Gruppe	V_1	V_2	R_1	R_2
♀ II	71%	60%	62%	61%

Tabelle 13. *Prozentualer Leistungsverlust*

Gruppe	V ₁	V ₂	R ₁	R ₂
♂ II (♂ I = 100%)	80,2%	73,0%	75,0%	75,5%
♀ II (♀ I = 100%)	75,8%	70,0%	78,5%	76,5%

Tabelle 14. *Leistung in Kilopond*

Gruppe	V ₁	V ₂	V ₃	R ₁	R ₂
Nichtleistungssportler	14,6	16,4	17,8	21,2	36,4
Leistungssportler	17,4	18,2	20,4	28,4	50,0
Prozent. Steigerung	19%	11%	14%	33%	38%

(Nichtleistungssportler = 100%)

Auch bei unseren Untersuchungen zeigt sich, daß beide Geschlechter einem etwa gleich großen Absinken der Kraft unterliegen. Mit einem mittleren Leistungsverlust von 75% im Bereich der Halsmuskulatur wurden die nach den Angaben von Robinson zu erwartenden Werte jedoch weit übertroffen.

6. *Leistungssportler.* Leistungssportler fanden sich nur in der Gruppe ♂ I (12 Personen im Vorwärtzug, 8 im Rückwärtzug). Den Vergleich zwischen Leistungssportlern und Nichtleistungssportlern in den einzelnen Versuchen zeigt die Tabelle 14.

In den Vorwärtsversuchen liegen die Werte der Leistungssportler um 15% höher. Deutlicher ist das Ergebnis des Trainings im Rückwärtzug, hier liegen die Messungen um 35% über denen der Untrainierten.

Weitere Auswertungen

a) Allgemeines

Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen die Meßgrößen Körperlänge, Körpergewicht, Halslänge in Beziehung zur Zugkraft gesetzt werden. Zu diesem Zweck werden die Vorwärtzugversuche zu $V_{\max}$ und die Rückwärtzugversuche zu $R_{\max}$ zusammengefaßt, da wir die größtmögliche Leistung erfassen wollten. $R_{\max}$ entspricht dabei dem Versuch R_2 . $V_{\max}$ ist der größte Wert, den eine Versuchsperson in einem der Vorwärtsversuche erreichen konnte. Die Fig. V—VIII zeigen die Verteilung von $V_{\max}$ und $R_{\max}$. Die Tabelle 15 gibt die neuen Mittelwerte der Gruppen an, dabei blieben die Leistungssportler unberücksichtigt.

Tabelle 15. *Leistung in Kilopond*

Gruppe	V _{max}	R _{max}
♂ I	18,0	36,4
♀ I	9,8	21,3
♂ II	5,2	8,6
♀ II	2,8	5,1

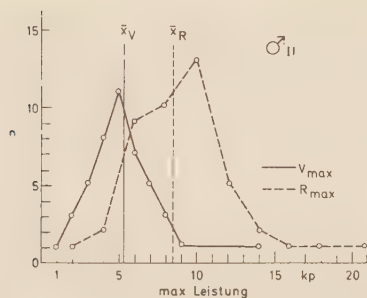


Fig. VII. Verteilung der maximalen Leistung der älteren männlichen Versuchspersonen für den Vorwärts- und Rückwärtszug

$V_{\max}$ $n = 45$	$R_{\max}$ $n = 45$
$\bar{x} = 5,2 \text{ kp}$	$\bar{x} = 8,6 \text{ kp}$
$s = 3,7 \text{ kp}$	$s = 4,7 \text{ kp}$
$s_x = 0,5 \text{ kp}$	$s_x = 0,7 \text{ kp}$

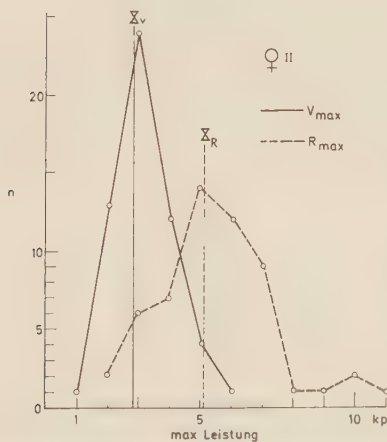


Fig. VIII. Verteilung der maximalen Leistungen der älteren weiblichen Versuchspersonen für den Vorwärts- und Rückwärtszug

$V_{\max}$ $n = 55$	$R_{\max}$ $n = 55$
$\bar{x} = 2,8 \text{ kp}$	$\bar{x} = 5,1 \text{ kp}$
$s = 1,6 \text{ kp}$	$s = 2,5 \text{ kp}$
$s_x = 0,2 \text{ kp}$	$s_x = 0,3 \text{ kp}$

In dem nun folgenden Kapitel wird der Versuch unternommen, diese Leistungsmaxima der einzelnen Personen in Beziehung zu den anderen ins Protokoll aufgenommenen Größen zu setzen. Die Unterteilung nach Alter und Geschlecht wurde bereits in dem vorausgegangenen Kapitel „Meßergebnisse“ vorgenommen und wird weiterhin beibehalten, so daß nun noch Körperlänge, Körpergewicht und Halslänge als weitere Merkmale verbleiben. Für diese Vergleiche ist die Gruppe ♂ I am besten geeignet, da sie das größte „*n*“ besitzt und somit bei nicht zu großer Aufspaltung der Gesamtmenge, die Teilmengen für eine statistische Untersuchung groß genug bleiben. Soweit es möglich ist, wird aber auch auf die anderen Gruppen eingegangen.

Da die Leistungen den biologischen Gegebenheiten entsprechend eine deutliche Streuung besitzen, werden zur Sicherung der Ergebnisse zwei statistische Methoden angewandt: der Vergleich unabhängiger Meßreihen (*t*-Test) und die Regression erster Art. Berücksichtigt werden nur die Ergebnisse, deren Irrtumswahrscheinlichkeit $\leq 5\%$ ist.

b) Körperlänge

Die Auswertung der Körperlängen und der jeweiligen Leistungen ergibt keine Beziehung zwischen diesen beiden Größen. Die maximal erbrachten Kräfte streuen gleichmäßig um die Gruppenmittelwerte.

c) Körpergewicht

Der Vergleich von Körpergewicht und Zugkraft legt eine lineare Abhängigkeit nahe. Der Test (Regression erster Art, unabhängige, nicht zufällige Variable $y = \text{max. Leistung}$) ergibt für die Gruppen ♂ I und ♂ II in beiden Zugrichtungen und für ♀ I im Rückwärtszug einen Korrelationskoeffizienten r , dessen Betrag über den entsprechenden Signifikanzschranken ($2\alpha = 0,05$) liegt. Tabelle 16 zeigt die errechneten Werte.

Die Gleichungen der Regressionsgeraden ($y = a_{yx} + b_{yx}x$) sind in der Tabelle 17 wiedergegeben

Tabelle 16

Gruppe	$\nu = n - 2$	$2\alpha = 0,05$	r	Zug
♂ I	68	0,2352	0,64	vorwärts
♂ II	43	0,2940	0,37	
♂ I	71	0,2303	0,27	rückwärts
♂ II	43	0,2940	0,32	
♀ I	31	0,3440	0,37	

Tabelle 17

Gruppe	$y = a_{yx} + b_{yx}x$	Zugrichtung
♂ I	$y = -6,3 + 0,34x$	vorwärts
♂ II	$= 0,07x$	
♂ I	$= 20,8 + 0,22x$	rückwärts
♂ II	$= 2,5 + 0,09x$	
♀ I	$= 7,1 + 0,25x$	

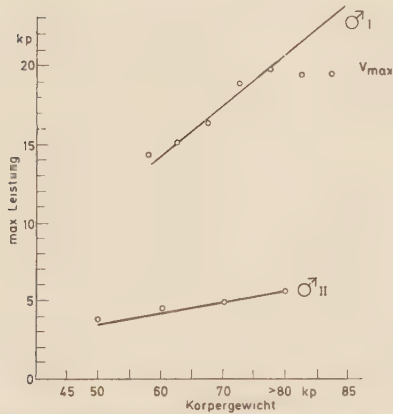


Fig. IX. Diagramm der maximalen Leistung im Vorwärtszug, aufgetragen über dem Körpergewicht. Die eingetragenen Punkte geben die durchschnittliche Leistung der Körpergewichtsklassen an (♂ I Klasseneinteilung 5 kp Körpergewicht, ♂ II 10 kp)

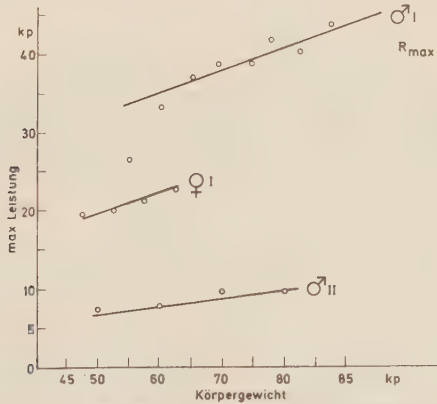


Fig. X. Diagramm R_{max} über Körpergewicht. Die Punkte sind gleich $\bar{x}$ der entsprechenden Körpergewichtsklasse, ♂ I und ♀ I 5 kp Körpergewicht, ♂ II 10 kp

Die Geraden sind in Fig. IX und X dargestellt, die eingetragenen Punkte entsprechen den Leistungsmittelwerten bei einer Gruppenunterteilung von 5 bzw.

Tabelle 18

Gruppe	$\nu = n_1 + n_2 - 2$	$2P = 0,05$	Prüfquotient
Kurze/mittlere Hälse	23	2,0687	2,66
Mittlere/lange Hälse	56	2,0033	1,95

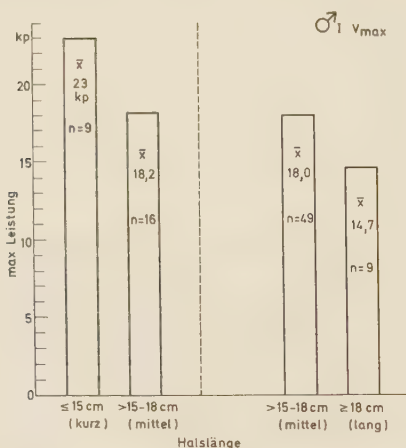


Fig. XI. Durchschnittliche Leistung der „kurzen“, „mittleren“ und „langen“ Hälse der jungen männlichen Versuchspersonen im Vorwärtszug. Da die „kurzen“ Hälse nicht normalverteilt über dem Körpergewicht sind, werden sie mit der entsprechenden Körpergewichtsgruppe der „mittleren“ Hälse verglichen. Der Prüfquotient „mittlere“ zu „lange“ Hälse erreicht die Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht, da die Differenz jedoch gering ist, wurde dieser Vergleich ebenfalls angegeben

10 kp Breite. Dabei gehen die Körpergewichtsbereiche, die ein großes n besitzen, in stärkerem Maß in die Steigung der Geraden b_{yx} ein, so daß die extremen Bereiche mit kleinem n stärker von der Geraden abweichen. Die Prüfgrößen der Gruppen ♀ II und ♀ I im Vorwärtsversuch erreichten die Signifikanzschranke ($2\alpha = 0,05$) nicht.

Den gleichen Trend, Zunehmen der Kraft mit steigendem Körpergewicht, stellte Burow (1970) bei einer Untersuchung über statische Arm- und Beinabstützkraft in Abhängigkeit vom Körpergewicht fest. Seine Messungen wurden ebenfalls im Sitzen durchgeführt.

d) Halslänge

Der Hebel, über den die Kräfte vom Rumpf übertragen wurden, besteht aus dem Hals und dem Anteil des Schädels unterhalb der Kraftangriffsebene. Protokollarisch erfaßt wurde nur die Halslänge. Wir betrachten also nur einen Teil des

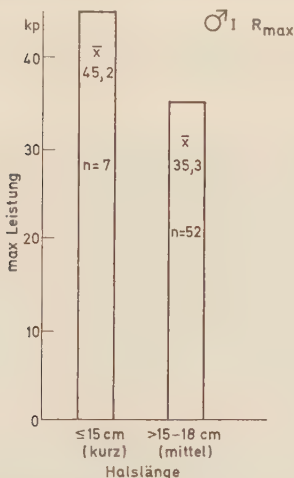


Fig. XII. Vergleich der „kurzen“ und „mittleren“ Häse der jungen männlichen Versuchsteilnehmer beim Rückwärtszug

Hebels, wenn wir die maximalen Leistungen der Halslänge gegenüberstellen. Diese Tatsache bringt eine Ungenauigkeit mit sich, über deren Größe wir keine Aussage machen können. Da der t -Test jedoch signifikante Leistungsunterschiede der Halslängen zeigte, sollen die Ergebnisse unter Vorbehalt mit dem Hinweis auf die mögliche Fehlerquelle veröffentlicht werden.

Eine Beziehung zeigt sich in der Gruppe ♂ I in beiden Zugrichtungen. Nach Prüfung mit dem t -Test leisten die „kurzen Häse“ signifikant am meisten.

Betrachten wir zuerst den Vorwärtszug. Die Tabelle 18 gibt die Prüfquotienten und die entsprechende Signifikanzschränke ($2P = 0,05$) für den ventralen Zug an. Die Leistungsmittelwerte ergaben für kurze Häse 23 kp, mittlere 18 kp und lange 14,7 kp.

Im Gegensatz zu den langen Häsen sind die kurzen über dem Körpergewicht nicht normal verteilt. Aus diesem Grund wurden sie mit der entsprechenden Gewichtsgruppe der mittleren Häse verglichen. Der Prüfquotient mittlere/lange Häse liegt bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 6%. Die Fig. XI stellt den Leistungsunterschied grafisch dar.

Im Rückwärtszug zeigt sich keine Leistungsdifferenz zwischen den mittleren und langen Häsen. Der Vergleich der mittleren und kurzen Häse zeigt dagegen einen signifikanten Unterschied. Die Signifikanzschränke ($2P = 0,05$) beträgt für den Freiheitsgrad 57 ($\nu = n_1 + n_2 - 2$) 2,0025, der Prüfquotient ergibt 3,09. Die Fig. XII zeigt die Leistungsdifferenz der kurzen Häse mit 45,2 kp zu den mittleren Häsen mit 35,3 kp.

Die anderen Versuchspersonengruppen waren erheblich kleiner, ebenso war die Leistungsbreite geringer. Eine Beziehung zwischen Halslänge und maximaler Leistung ergab sich bei diesen Gruppen nicht.

Literatur

- Clemens, H.-J., Burow, K.: Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule. Forschungsbericht Nr. 154, Institut für Kraftfahrzeuge der TU Berlin, März 1971.
- Drexler, L.: Röntgenanatomische Untersuchungen über Form und Krümmung der Halswirbelsäule in den verschiedenen Lebensaltern. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 23. Stuttgart: Hippokrates 1962.
- Dwight: Zit. nach Martin-Saller, Lehrbuch der Anthropologie, Bd. 2. Stuttgart: Fischer 1957.
- Fiala, E., Burow, K.: Aspects of Passenger Safety. International Automobile Safety Conference Companion, Society of Automotive Engineers, New York 1970.
- Fiala, E., Clemens, H.-J., Burow, K.: Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule. Forschungsbericht Nr. 99, Institut für Kraftfahrzeuge der TU Berlin, März 1970.
- Gögler, E.: Chirurgie und Verkehrsmedizinische Klinik, Mechanik und Biomechanik des Unfalls. Handbuch der Verkehrsmedizin, S. 114ff. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.
- Gögler, E.: Verkehrssicherheit und Unfallchirurgie. *Materia Medica Nordmark* 22, 381—404 (1970).
- Marotzky, H.-J.: Die statischen Haltekrafts der Halsmuskulatur bei Jugendlichen und alten Menschen. Med. Inaug.-Diss., Freie Universität Berlin 1972.
- Martin-Saller: Lehrbuch der Anthropologie, Bd. 2. Stuttgart: Fischer 1957.
- Mellerowicz, H.: Ergometrie, Grundriß der medizinischen Leistungsmessung für die Innere Medizin, Arbeitsmedizin, Sportmedizin, Versorgungsmedizin und Versicherungsmedizin. München-Berlin: Urban u. Schwarzenberg 1962.
- Mertz, H. J., Patrick, L. M.: Investigation of the Kinematics and Kinetics of Whiplash. Proc. 11th Stapp Car Crash Conference, Society of Automotive Engineers, New York 1967, S. 175ff.
- Oeder: Zit. nach Martin-Saller, Lehrbuch der Anthropologie, Bd. 2. Stuttgart: Fischer 1957.
- Ravenel: Zit. nach Martin-Saller, Lehrbuch der Anthropologie, Bd. 2. Stuttgart: Fischer 1957.
- Robinson, S.: Arbeitsphysiologie, Bd. 10, S. 251. Berlin: Springer 1938.
- Wagner, K., Wagner, H.-J.: Handbuch der Verkehrsmedizin. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.
- Wirsching, B.: Die praevertebrale und die Zungenbeinmuskulatur. Ihre biomechanische Bedeutung für die Halswirbelsäule. Med. Inaug.-Diss., Freie Universität Berlin 1972.
- Wirsching, M.: Art und Lokalisation von Halswirbelsäulenverletzungen. Med. Inaug.-Diss., Freie Universität Berlin 1972.

Lebenslauf:

Am 29. Dezember 1944 wurde ich, Hans-Joachim Marotzky, in Pirna an der Elbe geboren. Ostern 1950 wurde ich in Hamburg-Stellingen eingeschult, legte im Frühjahr 1954 die Aufnahmeprüfung für die Oberschule wissenschaftlichen Zweiges ab und besuchte das Gymnasium für Jungen in Hamburg-Eimsbüttel bis 1963. Ich kam nach Berlin und absolvierte an der Dreilinden-Schule in Berlin-Wannsee die Oberstufe des naturwissenschaftlich-mathematischen Zweiges. Am 5. März 1966 bestand ich die Abiturprüfung.

Im Oktober 1966 wurde ich an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Im Wintersemester 67/68 bestand ich das Vorphysikum, im Sommersemester 1969 das Physikum und schloße mein Studium mit dem Staatsexamen im Sommersemester 1972 ab.

Druck:

Der Präsident der Freien Universität Berlin

- Universitätsdruckerei -

1 Berlin 41, Kelchstraße 31

